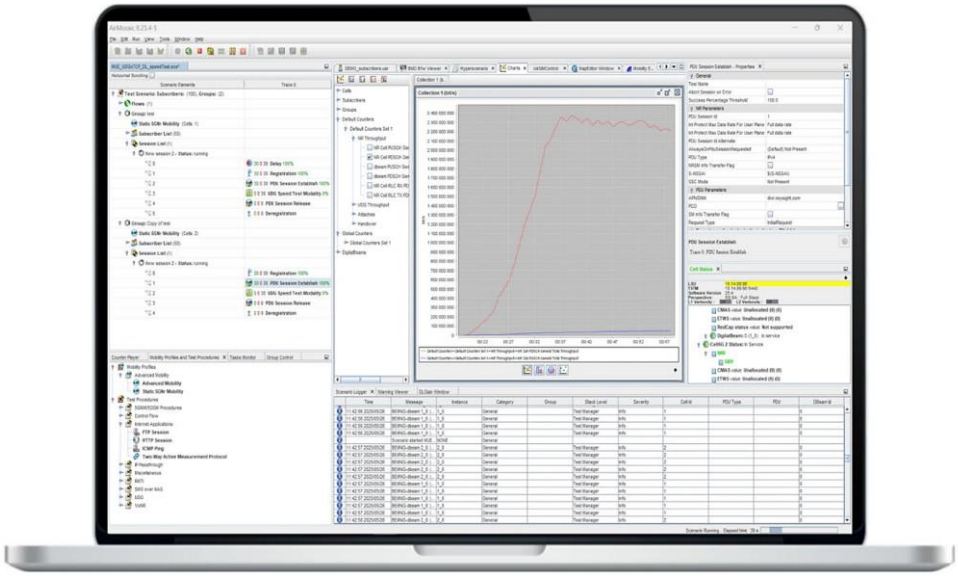
P8822S RuSIM — набор инструментов для тестирования RAN

Эмуляция UE / O-RU через интерфейс O-RAN Fronthaul



Тестирование сетей RAN и Open RAN

Сеть радиодоступа (Radio Access Network, RAN) — важнейший компонент мобильных телекоммуникационных систем, соединяющий отдельные устройства с более широкой сетью по радиоканалу. В контексте 5G современные технологии RAN существенно развились для поддержки более высоких скоростей, меньшей задержки и большей ёмкости. Ключевые возможности современной RAN включают:

- Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output, mMIMO);
- формирование луча (beamforming);
- сетевое слайсирование (Network Slicing).

Open RAN (O-RAN) — подход к построению RAN с использованием открытых и интероперабельных интерфейсов, позволяющий компонентам разных производителей работать совместно и обеспечивающий дополнительную гибкость для поставщиков и операторов сетей.

Искусственный интеллект (AI) и машинное обучение (ML) играют важную роль в современной RAN. AI повышает эффективность оптимизации производительности сети и её адаптивность. Анализ данных в реальном времени помогает улучшать распределение ресурсов, снижать задержку и реализовывать прогнозное обслуживание для предотвращения проблем. В результате формируются более интеллектуальные и надёжные сети, готовые к дальнейшему развитию, включая 6G.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

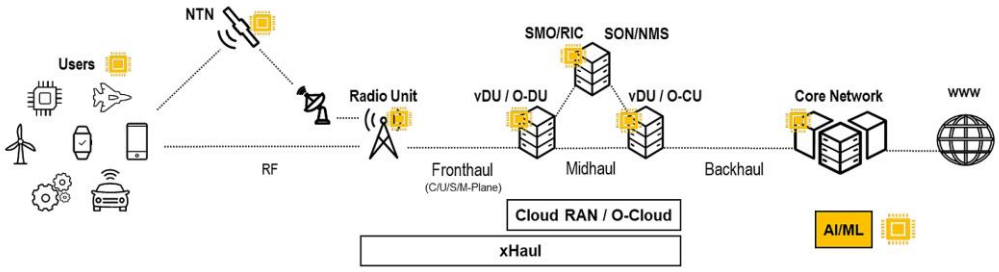


Рисунок 1. *Архитектура RAN и O-RAN для наземных и неназемных сетей*

Проблемы тестирования в рабочем процессе RAN

Тестирование компонентов сети радиодоступа (RAN) и Open RAN (O-RAN) связано с рядом сложных задач. Для RAN критически важно обеспечить бесшовную интеграцию и производительность различных сетевых элементов. O-RAN добавляет дополнительные сложности из-за мультивендорной и дезагрегированной архитектуры, требующей строгого тестирования соответствия и интероперабельности для подтверждения корректной совместной работы компонентов разных производителей. Дезагрегация компонентов gNB требует тестирования каждого элемента как отдельно, так и в интегрированных сценариях, что дополнительно повышает сложность.

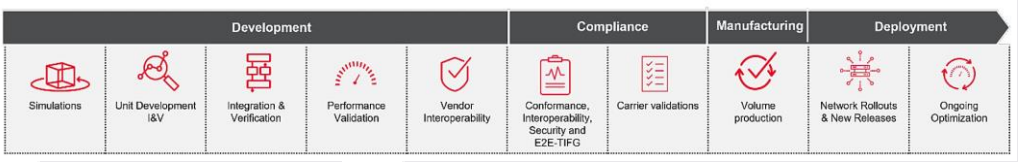


Рисунок 2. *Пример рабочего процесса разработки компонентов RAN*

Этап разработки

Этап разработки включает несколько шагов, каждый из которых имеет собственные сложности. Основные общие задачи:

- проверка реализации новых функций элементов O-RAN на раннем этапе, до появления реальных UE, включая передовые технологии MU-MIMO и NTN;
- оптимизация алгоритмов планирования O-DU, особенно для совместно обслуживаемых устройств MU-MIMO;
- проверка производительности O-RAN в реалистичных и требовательных сквозных сценариях при нагрузке от тысяч устройств;
- тестирование и проверка интероперабельности O-DU/O-CU как отдельно, так и в интегрированной среде;
- формирование непрерывных рабочих нагрузок для разработки, обучения и оптимизации моделей AI-RAN.

Этап проверки соответствия

На этапе проверки соответствия необходимо подтвердить соответствие компонентов заданным спецификациям. Для такого тестирования автоматизация критически важна, чтобы выполнять тесты в соответствии с установленными требованиями.

- проверка соответствия DU/CU интерфейсам и спецификациям O-RAN;

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

- выявление проблем интероперабельности между поставщиками, особенно в экосистеме O-RAN;
- подтверждение соответствия системы установленным требованиям оператора;
- характеризация и оптимизация энергоэффективности решений O-RAN;
- оценка и повышение устойчивости O-RAN к растущим угрозам безопасности, особенно с учётом дезагрегации сети.

Этап развёртывания

На этапе развёртывания тестирование является непрерывным процессом: вводятся новые сети, проверяются новые версии сети и постоянно оптимизируется производительность.

- бесшовная интеграция в непрерывные процессы CI/CD/CT для регрессионного тестирования;
- воспроизведение в лаборатории сложных проблем, поступающих из эксплуатации;
- оценка оптимизаций сети до их развёртывания.

P8822S RuSIM RAN Testing Over Fronthaul Toolset

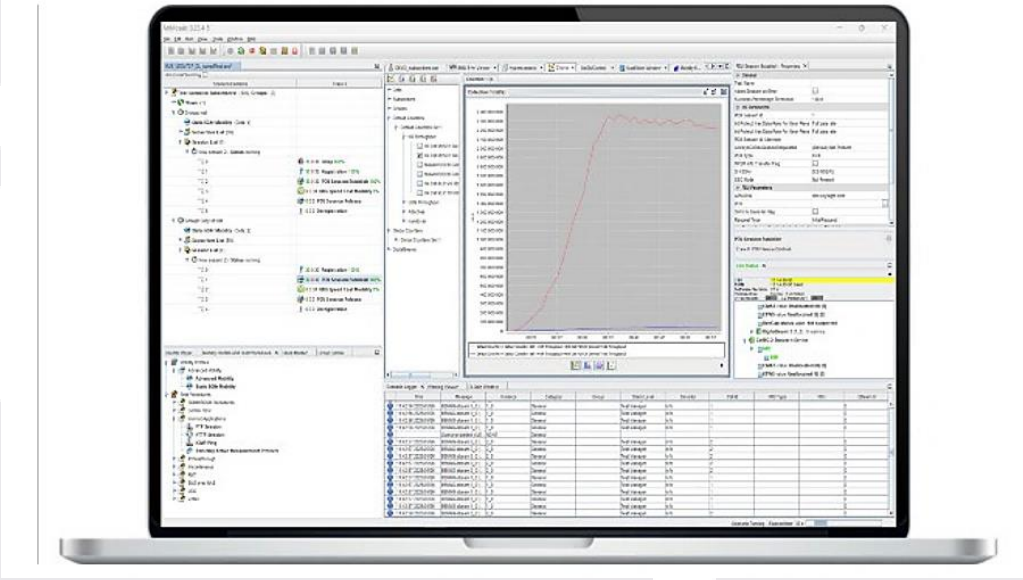


Рисунок 3. *P8822S RuSIM RAN Testing Toolset*

P8822S RuSIM RAN Testing Toolset — эмулятор пользовательского оборудования (UE) 4G/5G и радиоблока O-RAN (O-RU), позволяющий производителям инфраструктуры, разработчикам чипсетов и операторам мобильной связи выполнять функциональное тестирование, тестирование соответствия и производительности O-RAN Distributed Unit (O-DU) через интерфейс фронтхола (fronthaul) с функциональным разделением 7.2x. Полностью масштабируемое и виртуализированное решение работает на стандартных коммерческих серверах (COTS) без аппаратных ускорителей уровня 1 и специализированного оборудования и обеспечивает путь миграции в облачную среду.

Ключевые возможности

- поддержка ключевых технологий 3GPP:
  - 4G и 5G в режимах NSA и SA, диапазоны FR1 и FR2;
  - Massive MIMO с формированием луча до 64T64R;

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

- поддержка автоматизированных тест-кейсов соответствия O-RAN:
  - O-RAN WG4 O-DU Conformance Test Cases;
  - O-RAN WG5 Interoperability Test Cases;
  - O-RAN E-Plane — O-DU/O-CU Test Cases;
  - O-RAN Security Test Cases;
  - O-RAN TIFG-E2E Test Cases;
- полная оценка стека протоколов L1–L7 с функциональным тестированием по уровням;
- масштабирование до тысяч UE и более 10 компонентных несущих с эмуляцией данных реальных приложений и формированием сетевой нагрузки;
- wrap-around тестирование O-DU+O-CU с эмуляцией ядра сети P8850S CoreSIM;
- полное тестирование стека O-DU с использованием P8827S CuSIM — эмулятора O-RAN Central Unit (O-CU) Keysight;
- проверка качества услуг с моделированием абонентов и генерацией голосового, видео- и data-трафика: eMBMS, VoNR, ViNR;
- расширенные сценарии мобильности, моделирование замираний и межсотовых помех;
- автоматизация и интеграция в процессы CI/CD/CT;
- генерация данных для AI/ML, бенчмаркинг AI/ML, рабочие нагрузки RAN для AI и RAN.

Компоненты решения

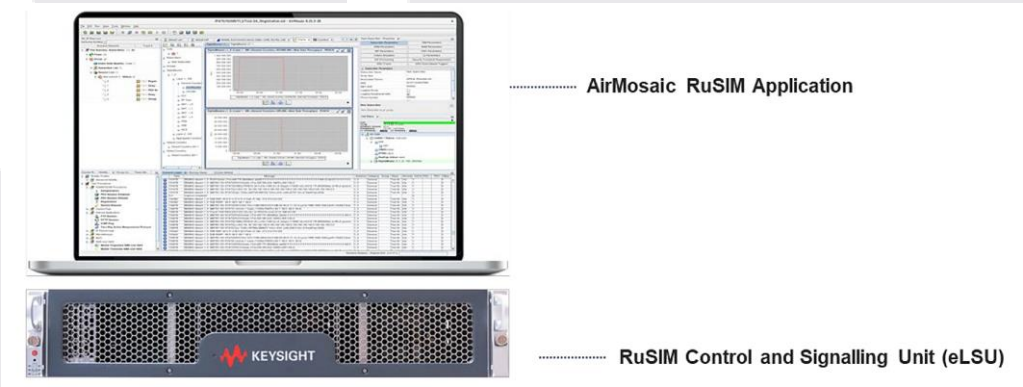


Рисунок 4. *Компоненты P8822S RuSIM RAN Testing Toolset*

Приложение AirMosaic RuSIM

- основной пользовательский интерфейс управления системой RuSIM;
- конфигурирование тестовой системы и создание сценариев;
- выполнение тестов в реальном времени, анализ результатов и формирование отчётов.

Ethernet Line Server Unit (eLSU)

- eLSU выполняет функции сигнализации полного стека протоколов RuSIM и функции управления решением;
- на одном eLSU могут работать как UeSIM, так и RuSIM, но не одновременно;
- система масштабируется путём кластеризации нескольких eLSU.

Примечание. RuSIM также может работать на стандартных коммерческих серверах (COTS).

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Кому предназначено решение

- производителям сетевого оборудования (NEM);
- поставщикам компонентов Open RAN (O-DU, O-CU);
- операторам мобильной связи (MNO) и системным интеграторам;
- лабораториям O-RAN Open Test and Integration Centres (OTIC).

Автоматизация, аналитика и отчётность с Atlas Test Management Center (Atlas-TMC)

- Atlas TMC предоставляет интерфейс автоматизации, аналитики и отчётности с предопределёнными сценариями тестовых случаев;
- сценарии тестирования соответствия O-RAN позволяют выполнять тест-кейсы в соответствии со спецификациями O-RAN Alliance и 3GPP.

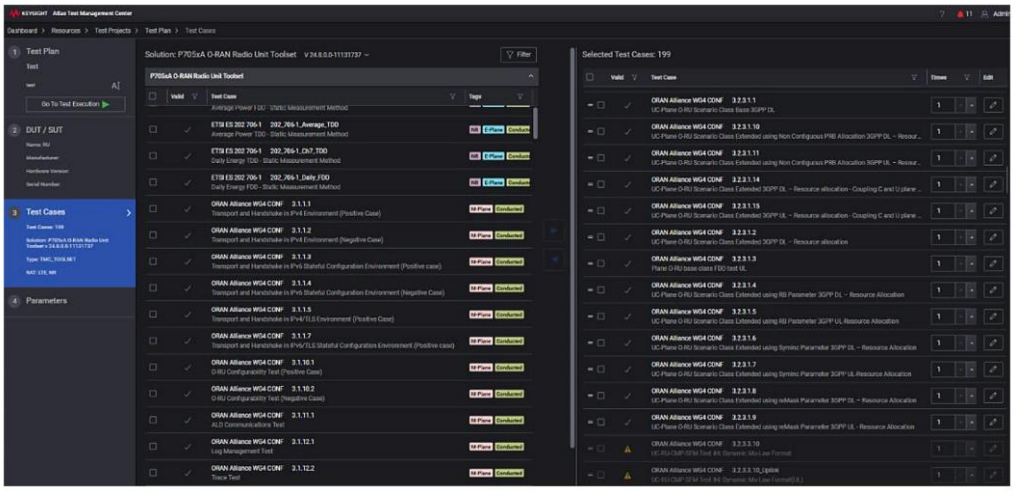


Рисунок 5. *Atlas Test Management Center*

Примеры ключевых сценариев применения

RuSIM предоставляет тестовое решение от ранней проверки функций 3GPP до сквозного тестирования производительности сети. Основные сценарии применения:

- тестирование соответствия O-RAN, включая интероперабельность, соответствие, производительность и безопасность;
- проверка релизов 3GPP и O-RAN;
- mMIMO и формирование луча;
- генерация рабочих нагрузок AI-RAN, проверка KPI и формирование обучающих данных;
- тестирование энергоэффективности.

Тестирование соответствия O-RAN

RuSIM обеспечивает тестирование интероперабельности между CU и DU разных производителей через интерфейс F1. Решение проверяет успешное установление соединения и соответствие спецификациям O-RAN.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Интеграция с портфелем Keysight O-RAN Compliance Test Cases обеспечивает комплексное покрытие сценариев, определённых O-RAN Alliance. Поддерживаются следующие автоматизированные тест-кейсы соответствия:

- O-RAN WG4 O-DU Conformance Test Cases;
- O-RAN WG5 Interoperability Test Cases;
- O-RAN Security Test Cases;
- O-RAN TIFG-E2E Test Cases.

Выполнение тест-кейсов соответствия O-RAN, аналитика и отчётность централизованы в Keysight Atlas Test Management Center (TMC).

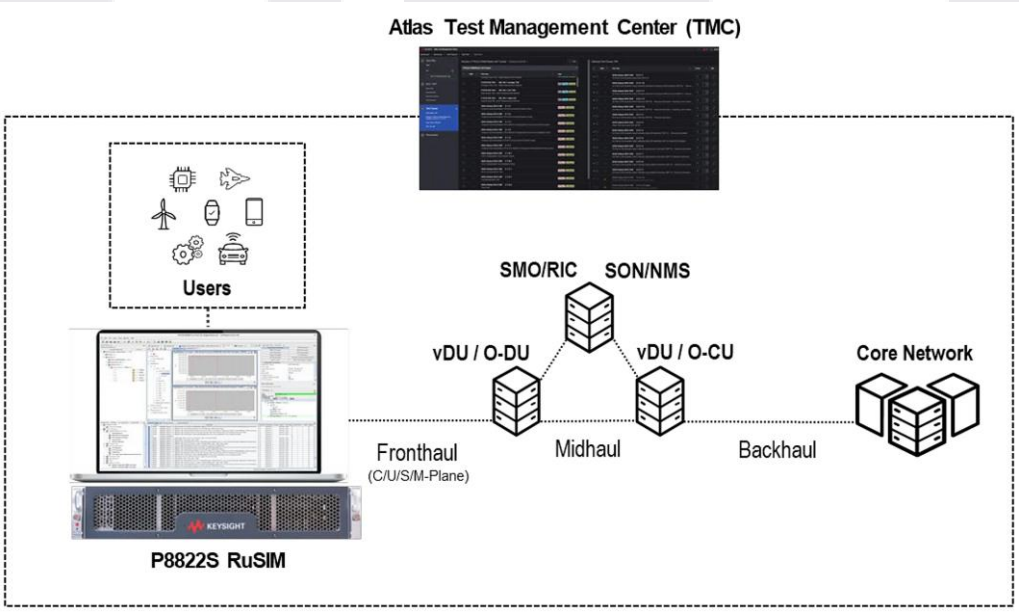


Рисунок 6. *Keysight Atlas Test Management Center (TMC) оркестрирует тестирование соответствия O-RAN*

Разработка и проверка функций 3GPP и O-RAN

Проверку релизов 3GPP и O-RAN можно разделить на предварительную проверку до публикации релиза и проверку зафиксированного релиза. Основная сложность предварительной проверки — отсутствие доступных UE для тестирования новых функций 3GPP и O-RAN; аналогичные сложности сохраняются и после публикации релиза.

RuSIM предоставляет новейшие функции 3GPP и O-RAN для эмуляции как UE, так и RU, что позволяет проверять функциональность и производительность RAN ещё до окончательной фиксации спецификации.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

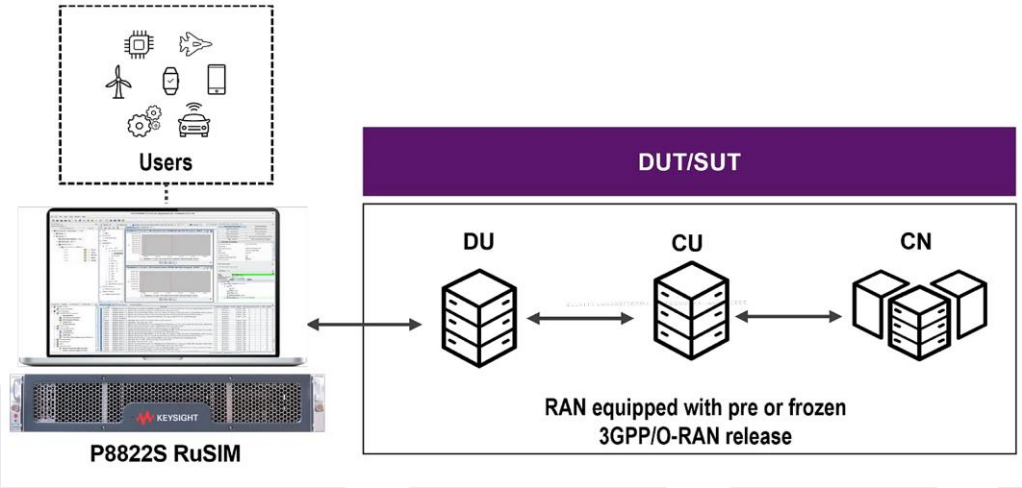


Рисунок 7. *Решение RuSIM для разработки и проверки 3GPP и O-RAN*

Massive MIMO (mMIMO) и формирование луча

RuSIM обеспечивает функциональное и стресс-тестирование проприетарного планировщика O-DU за счёт одновременной программной эмуляции O-RU, пространственного канала и mMIMO UE на стандартных коммерческих серверах (COTS). Формирование луча является центральным элементом алгоритмов планирования 5G mMIMO, а RuSIM позволяет эмулировать условия mMIMO-канала, которые ранее было сложно воспроизвести в лабораторной среде.

Решение RuSIM включает:

- полную видимость векторов весовых коэффициентов beamforming;
- возможность автономного анализа реакции алгоритма beamforming O-DU на заданное воздействие, например SRS;
- отсутствие необходимости фазокогерентной калибровки RF-канала при проводном или near-field тестировании.

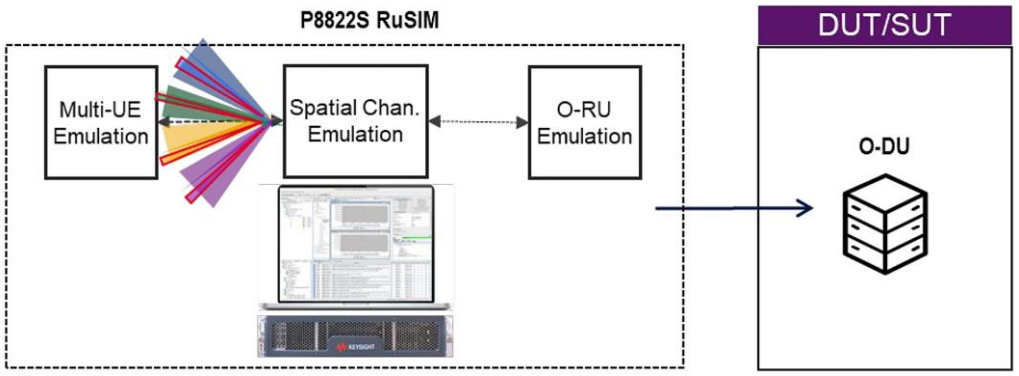


Рисунок 8. *Решение RuSIM для mMIMO и формирования луча*

Тестирование RAN с использованием AI (AI-RAN)

Keysight предоставляет wrap-around решение для генерации рабочих нагрузок RAN, оценки производительности и создания обучающих данных для систем AI-RAN:

- генерация рабочих нагрузок RAN для сценариев AI-RAN;

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

- создание обучающих данных;
- бенчмаркинг KPI моделей AI/ML.

На рисунке 9 показана тестовая конфигурация для сценария AI-and-RAN, в котором RAN и AI совместно используют облачный кластер. RuSIM формирует рабочие нагрузки RAN, P8850S CoreSIM эмулирует ядро сети, а Atlas TMC выполняет автоматизацию тестов, формирование отчётов и аналитику.

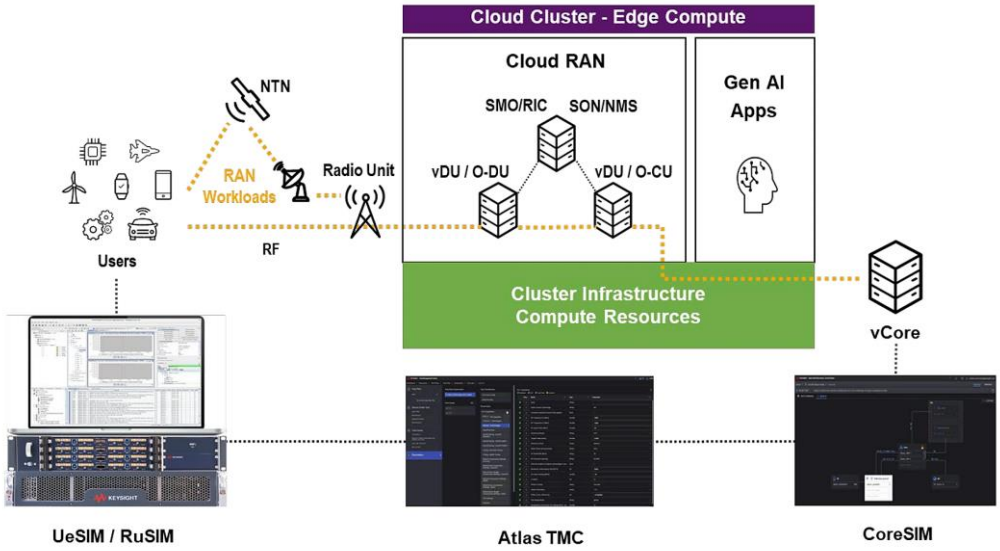


Рисунок 9. *Wrap-around тестовое решение для генерации рабочих нагрузок RAN в сценарии AI-and-RAN*

Обеспечение энергоэффективности

Совместное использование P8822S RuSIM и Atlas Test Management Center (TMC) обеспечивает широкий набор возможностей тестирования, включая оценку энергоэффективности различных сетевых компонентов:

- измерение энергопотребления облачных O-DU/O-CU:
  - на уровне namespace;
  - на уровне pod;
  - на уровне container;
- выполнение тестов в соответствии со стандартами ETSI с различными профилями трафика.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

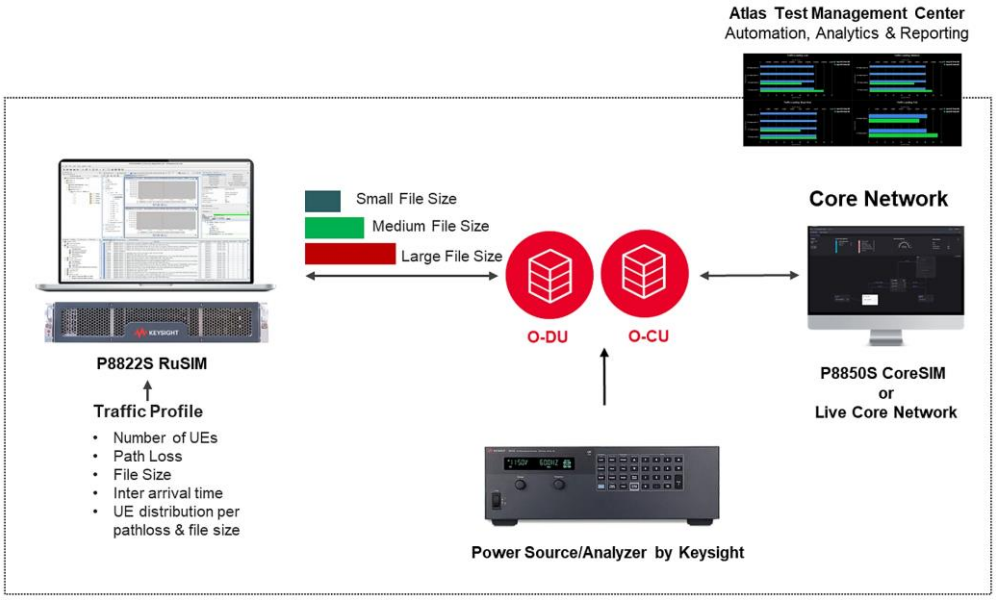


Рисунок 10. *Конфигурация тестирования энергоэффективности O-DU и O-CU*

Гибкие варианты лицензирования

Keysight предлагает широкий выбор типов и сроков лицензий в соответствии с требованиями тестирования, что позволяет экономически эффективно использовать оборудование и программные активы.

Тип лицензии	**Описание**
Node Locked	Лицензия может использоваться на одном конкретном ПК/приборе
Floating	Сетевые приборы/компьютеры могут получать лицензию с сервера по одному
Floating single site	Сервер лицензий располагается в пределах радиуса 1 мили от прибора/компьютера
Срок лицензии	**Описание**
Perpetual	Бессрочные лицензии могут использоваться неограниченно долго
Subscription based	Временные лицензии используются в течение ограниченного срока: 6, 12, 24 или 36 месяцев

Связанные решения

- P8800S UeSIM RAN Testing Toolset;
- U5040BSCB Open RAN Studio — тестирование и валидация O-RU;
- P8850S CoreSIM — решения эмуляции ядра сети для тестирования RAN;
- P8827S CuSIM — решения O-DU Midhaul;
- P8826S DuSIM — решения O-CU Midhaul;
- P8828S RICtest — решения для тестирования RAN Intelligent Controller;
- SJ001A WaveJudge Wireless Analyzer Toolset.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.